中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）44(4)：403～412（1995）

試區形狀及方向對稻作田間試驗準確度之影響[1]

呂椿棠　呂秀英[2]

摘要：本研究目的在利用臺灣省農業試驗所進行之稻作均度試驗，探討試區形狀及方向對稻作試驗準確度之影響，以有利於試驗者進行最佳選擇。本試驗均度試驗的行株距採用一般產量試驗之28cm×16cm。將均度試驗模擬成逢機完全區集設計（RCBD）的各種不同形狀及方向之試區，估計各種試區的變異係數值，並探討不同形狀、方向之試區間的相對效率，結果得知，當試驗田區爲逢機的土壤變異型態時，應儘可能採用正方試區，例如固定試區大小爲100叢時，均質試驗田區以10行×10叢或5行×20叢之試區的效率最高；反之，當試區存在有肥力差異傾向時，長形試區比較有效，其平行於肥力梯度方向的長邊愈長，準確度更高，若肥力梯度沿著行的方向發生時，則試區大小爲100叢的最適試區形狀及方向爲20行×5叢。

關鍵詞：水稻、試區形狀、試區方向、試驗準確度、均度試驗、相對效率。

試驗之準確與否，決定於試驗機差（experimental error）之大小，機差愈小，則愈準確，加以費用最少，則效率最高。適當地決定田間試驗設計之試區大小（plot size）、試區形狀(plot shape)及重複次數（replicates number），可減少試驗機差，提高試驗處理比較之準確度（precision）。要決定試區大小、形狀及重複次數，必須事先瞭解該試驗用地的土壤肥力差異狀況[11,21]。利用均度試驗（uniformity trial），可估計土壤異質性。所謂均度試驗，係在某一試驗地點栽植單一作物品種並儘可能施以一致之栽培管理的試驗，其除了原有土壤異質性（soil heterogeneity）外，所有變因均保持固定。因此均度試驗，又名空白試驗（blank test）。利用不同的生產測量值，如粒重，可將均度試驗的栽植區劃分成尺寸大小相同的小單位（基本單位，basic unit），以這些基本單位間收量之差異來作爲地區土壤異質性的測度，如此不僅該田區內各處之肥瘠變異及傾向均可瞭然，且最適當之行長、試區大小及形狀、重複次數都可按收穫之小段任意合併來決定。均度試驗用來探討試區效應特別有效，這是因爲其中並無處理差異，故只要分析與趨勢及背景變異有關的部份即可，計算上也較含有處理效應爲簡單。因此均度試驗可以用於檢視不同的統計分析方法，在均度試驗表現不好的方法，一旦應用於處理試驗也不可能會變好，而配合均度試驗很好的方法，則仍需進一步測驗處理效應存在的情形[23]。

試區是試驗單位（experimental unit），爲試驗記錄的基本單位，用來安置某一參試處理，即將一塊試驗田劃分成大小形狀皆相同之許多小試區，每一試區所含的試驗材料量應該相等，且同一試區裏種植的各株作物品種、栽培方式、管理方法等都必須完全相同，最後按各試區某性狀分別測定，如此各試區間性狀之差異才能代表不同處理間眞正的差異，因此，試區內之變異要最小，重複次數增加，才能降低試驗機差。Wagner 於1989年早已考慮試區之大小及形狀的問題，而採用多重複小試

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1809 號。
2. 本所農藝系助理與副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

區的試驗法（引自沈[3]）。至今，在兼顧效率及成本下，大多數學者也都建議採用小試區試驗[24]。但試區不得太小，以免受到植株之間的競爭作用（competition effect）及邊際效應（border effect）之影響[10,11]。而在固定試驗材料數量及有限試驗面積之場合下，試區大小及重複次數之增減有相互消長之直接關係[4]。呂[2]在臺灣省農業試驗所進行稻作均度試驗，依試驗面積及可用資源之限制與否，估得最適的試區大小在20及100叢之間，且最適重複次數爲4次。

一旦決定了最適試區大小，則應進一步考量最適試區形狀。選擇最適試區大小及形狀，目的在減少區集（block）內試區之間土壤生產力的差異，以降低試驗機差。有關試區形狀對試驗準確度之影響，衆說紛紜。早期學者認爲試區形狀不是很重要，但都相信其對試驗準確度有某些影響[13,17]。試區形狀可以是正方形或長方形。當邊際效應對品種之反應差異有影響時，在資源有限之場合，相等面積之正方試區因爲周長最小，可使受到邊際效應影響的植株數最少，故較佔優勢；但是長形試區則有利於機械操作[10]。同時，試區方向也會增減田區肥力梯度之影響程度[10]。當試區長邊與土壤肥力梯度方向一致時，狹長試區較正方試區有利，反之，正方試區可更有效地減少變異性[10,20,21]。更多不同作物試驗的證據顯示出，長形試區在控制土壤異質性所引起之變異時，可較正方試區爲有效[5,15,16,18,22]。然而，Pan[19]在探討中國地區之水稻試驗時卻指出，試區增加寬度比增加長度的效力，隨著地點不同而呈相反之結果。Dendrinos[9]從理論上之觀點說明，認爲在土壤異質性爲不均勻型態下，長形試區之變異較正方試區爲小。Christidis[6,7]以變異係數（coefficient of variation, CV）之大小來表示土壤異質性對試驗準確度的影響程度，指出隨著試驗地區肥力之改善，CV 會變小，而且 CV 值與試區長寬比直接有關，也受到試區與肥力趨勢之方向影響。爲獲得等量之資訊，不同試區大小及形狀之相對效率與所需試驗面積呈反比例[14,15]。MacDonald *et al.*[18]以棉花爲試驗材料，指出固定試區大小，以長形試區最爲有效；倘固定試區形狀，試區變小則效率提高。當試區形狀爲狹長形時，肥力梯度的方向，決定了試區的方向，即試區長邊應與肥力梯度平行（區集長邊則與肥力梯度垂直），倘肥力型態爲點狀分布、未知、或邊際效應相當大時，試區應儘可能爲正方形。對此，Gupton[12]以煙草爲試驗材料，也獲得相同的結果。

本研究目的在利用臺灣省農業試驗所進行之稻作均度試驗，探討試區形狀及方向對稻作試驗準確度之影響，以有利於試驗者進行最佳選擇。

材料與方法

一、試驗材料

以臺農67號及臺中秈10號爲稉、秈稻之參試品種，於1993年假臺灣省農業試驗所試驗田區進行第一期作的均度試驗，劃定邊長約 6.4m×5.6m 大區，全區共植20行，每行40叢，每叢4～5支苗（多本植），按一般產量試驗採行株距 28cm×16cm 栽培，四周再植適當數量之保護行以免受邊際效應影響，本試區土質屬坋質壤土，pH 值約4.7～5.5；基肥施用39號複合肥料40kg／0.1ha，追肥每次施用硫酸銨20kg／0.1ha，第一次追肥在插秧後10～14天施用，第二次在第一次後約二週，第三次約在第二次後二週，最後一次則在幼穗分化期（穗長約2mm）施用，第二期作因初期生育較快故少施一次；病蟲害防治於分蘗中期行葉害蟲防治，分蘗盛期則進行螟蟲防治，以免因生長不正常或缺株影響試驗結果，倘有此現象，則予以標記。本試驗進行前及進行中試區周圍皆栽植 F2 集團試驗，未曾進行產量或肥效試驗。針對全部材料，全區以單叢爲單位，並依序編成號碼，分別調查稻穀產量（稔實粒重，以 g 單位記載）。

二、統計方法

㈠以 Smith 法估算均度試驗之土壤異質性指標

呂[1]指出，均度試驗以最小之1×1（單叢）爲基本單位，可偵測出最細微的土壤差異，理

論上可獲最準確之結果，但要避免小區內植株個體間本身差異太大或可能缺區之影響，可選擇二叢以上的基本單位，而如果面積相等但方向不同之單位小區間存在有行差異，則以形狀較狹窄者為佳。故本研究將全區20行×40叢之試驗田，各以1×1叢及2×1叢為基本單位，由縱橫相連之基本單位，合併模擬成各種不同大小及形狀之試驗小區。對所建立的每一種不同大小及形狀的小區，各計算其 x 個基本單位的單位面積平均變方（V_x），而利用 Smith[21]之計算公式估計均度試驗的土壤異質性指標（b）如下：

$$V_x = V_1 / X^b \qquad (1)$$

式中 V_1：基本單位小區的收量變方；

V_x：小區大小為 x 單位之單位面積的收量變方；

b ：土壤異質性指標，可視為小區間的相似程度，一般$0 \leq b \leq 1$，鄰近小區高度正相關，b 近於0，反之無相關，b＝1。

b 值低，表示存在有因土壤、病害等造成之強烈的收量變異傾向，倘 b 值高，大約是逢機的土壤變異型態，但從極端均質（b＝1）到極端異質（b＞1，即鄰近小區高度負相關）的區域均有可能[8]。

(二)利用均度試驗模擬逢機完全區集設計的各種可能試區

土壤異質性指標僅能獲知田區是否有明顯的收量變異，但無法指出土壤肥力梯度之可能方向，而試區平均值大小可以指出明顯的土異方向。當土壤肥力有明顯的梯度方向時，為控制此偏性因素，可利用試驗設計的方法，將試驗地劃成區集，在區集內劃分試區，在試區內安置試驗項目，並用數個區集同時進行試驗，以估計區集間的土壤差異情形，將其從試驗機差中剔出。一般作物田間試驗所採用的區集控制之試驗設計法，以逢機完全區集設計（RCBD）最為常見。

根據呂[2]之試驗結果指出，本研究試驗地點之稻作產量試驗的最適重複次數為4次。故將全區20行×40叢（6.4m×5.6m）之均度試驗田區，模擬成一RCBD，其區集數（重複次數）為4，並規劃成三種不同方向之區集設置，如圖1所示。規劃設計一 I 、II 、III之區集大小同為200叢，但形狀方向不同，分別為5行×40叢、10行×20叢及20行×10叢。當區集設置為5行×40叢時，為一個長邊平行於南北（S-N）向的長形區集；10行×20叢之區集形狀則近似於一正方形，即沒有明顯的方向設置；20行×10叢之長形區集，其長邊則平行於東西（W-E）向。探討所模擬之三種不同區集設置之 RCBD 的區集變異性，可以瞭解所設置之區集形狀及方向是否適當。

繼之，假設試區大小各為5、10、20、25、40、50、100叢的情形下，在區集內設置各種可能的形狀及方位之試區，例如試區大小為5叢的形狀有1行×5叢及5行×1叢兩種，其長邊方向恰好相反；面積為100叢之試區的可能形狀及方向則有三種：5行×20叢、10行×10叢、20行×5叢；其它則同樣以此類推。

估算各種試區的變異性，以變異係數（CV）表示之，CV 值之計算如下：

$$CV = S/\bar{y} \times 100 \qquad (2)$$

式中 S 為區集內試區變方的開根方值；$\bar{y}$ 為試區之平均收量。然後以此 CV 值為基礎，估算各種試區相對於單位試區（1行×5叢）的相對效率（relative efficiency, RE），以及不同方向之長形試區相對於正方（或近似於正方）試區的相對效率，以探討不同試區大小、形狀及方向對試驗準確度的影響，並有利於試驗者從中進行最適試區形狀及方向之選擇。兩試區（1：2）之間的相對效率值為

$$RE\ (1:2) = CV_2 / CV_1 \times 100 \qquad (3)$$

結果與討論

本研究於1993年第一期所進行之稉、秈稻均度試驗，全區長×寬約6.4m×5.6m（20行×40叢），以1×1叢爲基本單位，利用Smith[21]法所估得的土壤異質性指標（b）分別爲0.92及0.60。稉稻之 b 值近於1，表示其試驗田區之土壤變異大致是呈點狀分布之逢機型態，並未有明顯區分的肥力傾向；而秈稻之 b 值低，顯示秈稻試驗田區存在有明顯的收量差異傾向，按此係因爲該年度第一期作栽培期間受到褐飛蝨及二化螟蟲的局部危害，在第11至20行的第20至26叢之單叢產量明顯降低，因而造成秈稻試驗田區之中間地帶存在有傾向於東西向的收量差異。雖然秈稻試驗田區之收量差異傾向，實際上並非純粹由於土壤肥力異質型態所造成，但爲了探討土壤肥力型態相異對試區形狀及方向之選擇的影響，本文暫且將其視爲土壤肥力異質的試驗田區，以有別於稉稻試驗田區之土壤肥力均質型態，藉此進行以下分析比較。將兩種土壤肥力型態相異的稻作均度試驗，根據圖1模擬規劃成 RCBD 之三種不同區集設置，所進行之變方分析結果如表1。從表1得知，稉稻試驗之區集間均方皆不顯著，顯示出其確實爲一土壤肥力均勻的試驗田區，故區集控制之效果並不顯著；至於秈稻試驗，以不同區集設置結果，區集間均方皆達極顯著，可見該試驗田區呈現明顯的收量差異，而且設置區集對試驗效果有利。由於試驗設計之目的在使區集間變異最大而區集內變異最小，即變方分析中的區集均方愈大，機差均方愈小，則區集效應愈佳，因此三種不同區集設置中當以設計一 I （5行×40叢）的效率最好，在這種設置下的區集長邊正好與肥力梯度垂直，而設計一III（20行×10叢）因爲區集長邊與肥力梯度呈平行，控制土壤偏性的效率較差。

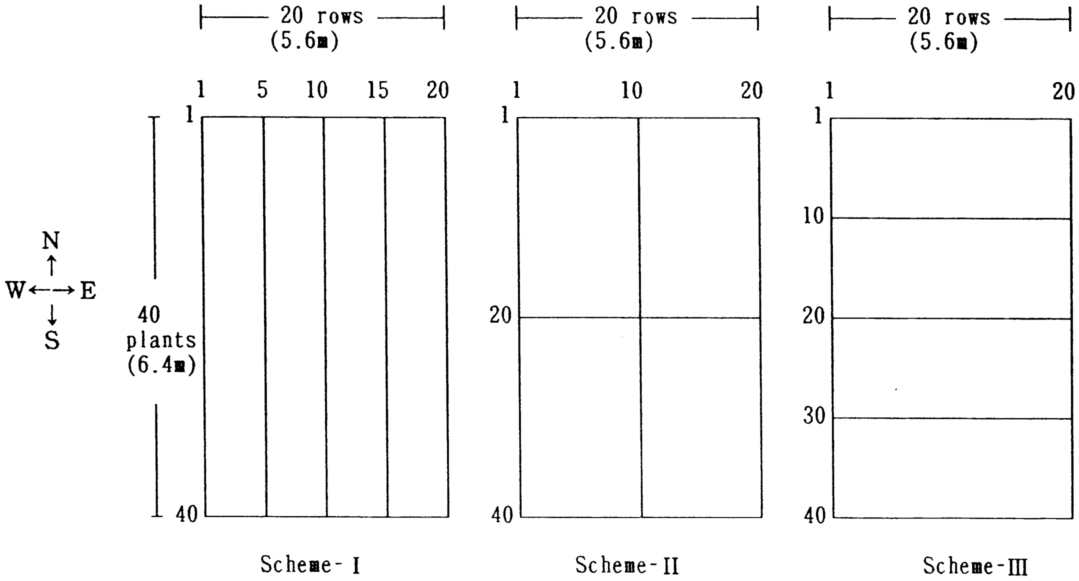

圖 1. 利用稻作均度試驗所模擬規劃的三種逢機完全區集設計。（區集數＝4）
Fig. 1. Three schemes of randomized complete block designs for rice uniformity trials. (blocks number＝4)

表 1. 利用稻作均度試驗所模擬之三種不同區集設置之逢機完全區集設計的區集變異性

Table 1. Variation of blocks for three schemes of blocking layouts in randomized complete block designs for rice uniformity trials

Trial	Source	D. F.	Mean Square of various blocking layouts (Block shape: rows×plants)		
			I (5×40)	II (10×20)	III (20×10)
Japonica rice	Between blocks	3	83.39	45.03	29.67
	Within block	796	48.01	48.15	48.20
Indica rice	Between blocks	3	731.28**	697.44**	232.38**
	Within block	796	58.02	58.15	59.30

** Significant at 1% level under F-test.

所模擬之各種試區的變異係數估值列於表2。無論稉、秈稻試驗，擴大試區面積均能降低變異性，即能提高試驗準確度，此與呂[2]所得者結果一致，而呂[2]之報告指出，在區集大小沒有限制下，稻作試驗之最適試區大小不得小於20叢，但最多也毋須超過100叢。在此20～100叢之最適試區大小範圍內，比較面積相等但形狀不同的試區之變異性，如表2所示，就土壤均質之稉稻試驗田區而言，除了區集設計—III的試區大小爲20叢之情形以外，無論何種區集配置設計，皆以正方或近似於正方試區（試區長寬比近於1）之 CV 值可較長形試區（試區長寬比大於1）所得者爲小。此結果顯示，倘若土壤無明顯肥力差異或呈逢機土壤差異型態時，則以正方試區可有效地減少變異性。此與國際稻米研究中心（IRRI）所獲結果[10]相當一致。不過一旦試區太小（小於20叢），正方試區的優勢則會消失，如表2所示，稉稻試驗田區在試區大小等於5或10時，近於正方形試區的 CV 值反而較長形試區者爲大。進而，利用各種試區相對於單位試區（1行×5叢）的相對效率（表2），可提供試驗者進行最佳試區規劃的選擇。在試驗資源沒有限制之場合，當固定試區大小爲100叢時，均質田區（例如稉稻試驗）以形狀爲10行×10叢的試區所能提高之相對效率最高（區集設計—II、III）。在區集設計—II下，相同面積之5行×20叢的試區，雖然區集長邊與肥力方向平行（沿著南北向），但因爲其形狀較10行×10叢之試區爲狹長，效率反而不如10行×10叢爲高；在區集設計—III下，相同面積之20行×5叢，也是因爲長形試區周長較長，使得受到邊際效應影響的植株數較多，以致其準確度反而較10行×10叢降低。20行×5叢的效率比5行×20叢還要低，除了因爲試區形狀不同之外，與試區方向也有關；按20行×5叢之試區形狀較狹長，而且試區方向爲東西向，並非與肥力方向平行。

表 2. 不同試區大小、形狀及方向的變異係數（CV）及相對效率（RE）（區集數＝4）

Table 2. Coefficients of variation (CV) and relative efficiencies (RE) for various size, shape and orientation of plots (blocks number=4)

Block allocation type	Plot size (plants)	Plot no.	Plot shape (rows×plants)	Plot Width (W, m)	Plot Length (L, m)	L/W	Plot orientation	CV (%)		RE(%)[z]	
								Japonica	Indica	Japonica	Indica
I	5	80	1× 5	0.28	0.80	2.86	N-S	11.79	14.13	100	100
(5×40)			5× 1	0.16	1.40	9.09	W-E	10.67	13.76	110	103
	10	40	1×10	0.28	1.60	5.71	N-S	8.78	11.78	134	120
			5× 2	0.32	1.40	4.38	W-E	7.17	11.98	164	118
	20	40	1×20	0.28	3.20	11.43	N-S	6.88	8.90	171	159
			5× 4	0.64	1.40	2.19	W-E	5.38	9.99	219	141
	25	32	5× 5	0.80	1.40	1.75	W-E	5.86	9.87	201	144
	40	20	1×40	0.28	6.40	22.86	N-S	5.73	7.94	206	178
			5× 8	1.28	1.40	1.09	W-E	4.90	8.52	241	166
	50	16	5×10	1.40	1.60	1.14	N-S	3.68	8.78	320	161
	100	8	5×20	1.40	3.20	2.29	N-S	2.81	6.12	420	231
II	5	80	1× 5	0.28	0.80	2.86	N-S	11.79	14.13	100	100
(10×20)			5× 1	0.16	1.40	9.09	W-E	10.67	13.76	110	103
	10	40	1×10	0.28	1.60	5.71	N-S	8.78	11.78	134	120
			2× 5	0.56	0.80	1.43	N-S	9.18	12.56	128	113
			5× 2	0.32	1.40	4.38	W-E	7.17	11.98	164	118
			10× 1	0.16	2.80	17.50	W-E	7.97	10.92	148	129
	20	40	1×20	0.28	3.20	11.43	N-S	6.88	8.90	171	159
			2×10	0.56	1.60	2.86	N-S	6.59	10.56	179	134
			5× 4	0.64	1.40	2.19	W-E	5.38	9.99	219	141
			10× 2	0.32	2.80	8.75	W-E	5.61	9.69	210	146
	25	32	5× 5	0.80	1.40	1.75	W-E	5.86	9.87	201	144
	40	20	2×20	0.56	3.20	5.71	N-S	5.43	7.58	217	186
			10× 4	0.64	2.80	4.38	W-E	5.61	7.93	210	178
	50	16	5×10	1.40	1.60	1.14	N-S	3.68	8.78	320	161
			10× 5	0.80	2.80	3.45	W-E	4.47	7.97	264	177
	100	8	5×20	1.40	3.20	2.29	N-S	2.81	6.12	420	231
			10×10	1.60	2.80	2.17	W-E	2.17	7.48	543	189
III	5	80	1× 5	0.28	0.80	2.86	N-S	11.79	14.13	100	100
(20×10)			5× 1	0.16	1.40	9.09	W-E	10.67	13.76	110	103
	10	40	1×10	0.28	1.60	5.71	N-S	8.78	11.78	134	120
			2× 5	0.56	0.80	1.43	N-S	9.18	12.56	128	113
			5× 2	0.32	1.40	4.38	W-E	7.17	11.98	164	118
			10× 1	0.16	2.80	17.50	W-E	7.97	10.92	148	129
	20	40	2×10	0.56	1.60	2.86	N-S	6.59	10.56	179	134
			4× 5	0.80	1.12	1.41	W-E	5.83	9.67	202	146
			10× 2	0.32	2.80	8.75	W-E	5.61	9.69	210	146
			20× 1	0.16	5.60	35.00	W-E	5.97	7.17	197	197
	25	32	5× 5	0.80	1.40	1.75	W-E	5.86	9.87	201	144
	40	20	4×10	1.12	1.60	1.43	N-S	3.77	7.94	313	178
			20× 2	0.32	5.60	17.50	W-E	5.97	6.42	197	220
	50	16	5×10	1.40	1.60	1.14	N-S	3.68	8.78	320	161
			10× 5	0.80	2.80	3.45	W-E	4.47	7.97	264	177
	100	8	10×10	1.60	2.80	2.17	W-E	2.17	7.48	543	189
			20× 5	0.80	5.60	7.14	W-E	3.28	4.72	359	299

[z] Relative efficiency of plot shape i×j to 1×5= $(CV_{1\times5}/CV_{i\times j})\times100$.

至於存在有肥力梯度的秈稻試驗田區，則無論何種區集配置設計，皆以長條形試區所獲得之 CV 值最小（表2），例如當試區大小同樣爲20叢時，在區集設計一Ⅰ下，1行×20叢的 CV 值會比5行×4叢者爲小，而在區集設計一Ⅱ下亦以1行×20叢的 CV 值最小，區集設計一Ⅲ下則以20行×1叢之 CV 值最小。此結果顯示，當土壤肥力呈梯度差異時，長形試區較正方試區有利，同時這種長形試區的優勢不會因爲試區變得太小而消失。由於不同區集設計所能劃成的試區形狀不一定相同，例如設計-Ⅲ便無法將20行×10叢之區集劃分成1行×20叢的試區，而設計一Ⅰ、Ⅱ則無法劃分成20行×1叢之試區，故在此很難就同一種區集設計下對1行×20叢與20行×1叢這兩個同爲狹長形但方向卻相反的試區進行比較。不過，由設計一Ⅱ之20叢的情形來看，長邊垂直於肥力方向（沿著南北向）的2行×10叢之試區，其試區長寬比雖然較方向相反的5行×4叢爲大，即試區形狀較爲狹長，但 CV 值反而較大；在設計一Ⅲ之20叢的情形中也有同樣的發現，4行×5叢爲一個長邊平行於肥力方向（沿著東西向）之近於正方形的試區，其效率反而比長邊垂直於肥力方向的2行×10叢之長形試區爲高。顯然，試區方向對試驗準確度也有影響，同時試區形狀及方向的影響程度及方式，並不致於因爲區集配置是否適當而有差異。爲探討不同方向之長形試區的影響效應，以試區大小各爲20及40叢爲例，在假設試區之劃分不會受到區集配置設計的影響下，將其所有可能的試區形狀及方向，整理如表3，並估算不同方向之長形試區相對於正方試區的相對效率。從表3結果，也印證出長形試區在控制土壤異質性所引起之變異時，可較正方試區爲有效，例如秈稻試驗田區，當其與肥力梯度方向平行的長邊愈長，近於長條形（即試區之長寬比最大）時，則效率最高，例如20行×1叢及20行×2叢；但一旦試區方向與肥力梯度垂直，除非試區十分狹長，否則效率變差，例如南北向之2行×10叢長形試區的效率反而較近於正方形之4行×5叢試區爲低；反之，土壤呈均質狀態下，例如稉稻試驗田區，在相等面積下正方試區因爲周長最小，可使受邊際效應影響的植株最少，故較佔優勢。

表 3. 不同方向之長形試區相對於正方試區的相對效率

Table 3. Relative efficiencies of rectangular plot with different orientations to square plot

Plot size (plants)	Plot shape rows×plants	Block allocation type[z]	Plot L/W (m/m)	Approximate figure of plot shape[y]	Plot orientation[x]	Relative efficiency(%)[w]	
						Japonica	Indica
20	1×20	Ⅰ、Ⅱ	11.43	B	N-S	85	109
	2×10	Ⅱ、Ⅲ	2.86	R	N-S	88	92
	4× 5	Ⅲ	1.41	S	W-E	100	100
	5× 4	Ⅰ、Ⅱ	2.19	R	W-E	108	97
	10× 2	Ⅱ、Ⅲ	8.75	R	W-E	104	100
	20× 1	Ⅲ	35.00	B	W-E	98	135
40	1×40	Ⅰ	22.86	B	N-S	86	107
	2×20	Ⅱ	5.71	R	N-S	90	112
	4×10	Ⅲ	1.43	S	N-S	130	107
	5× 8	Ⅰ	1.09	S	W-E	100	100
	10× 4	Ⅱ	4.38	R	W-E	87	126
	20× 2	Ⅲ	17.50	B	W-E	82	133

[z] Ⅰ=5×40，Ⅱ=10×20，Ⅲ=20×10.

[y] B=bar, R=rectangle, S=square or near square.

[x] N-S=northern-southern direction, W-E=western-eastern direction.

[w] Relative efficiency= $(CV_{sqaure}/CV_{rectangle})\times100$ or $(CV_{sqaure}/CV_{bar})\times100$.

綜言之，試區形狀及方向會增減稻作田區肥力梯度之影響程度，當試區長邊與土壤肥力梯度方向一致時，長形試區較正方試區有利，但倘若土壤無明顯肥力差異或呈逢機土壤差異型態時，則以正方試區可有效地減少變異性。在試驗資源沒有限制之場合，當固定試區大小爲100叢時，均質稻作田區以形狀爲10行×10叢之試區爲最佳試區規劃的選擇，其次可考慮相同面積之5行×20叢的試區；至於存在有肥力梯度之稻作試驗田區，基本上以長形試區爲主，但試區方向完全決定於肥力梯度之方向，因此一旦試驗田區之肥力梯度發生於行的方向時，試區大小爲100叢之最適形狀及方向應該採以20行×5叢，即增加行數會比增加叢數爲好，反之，倘試驗田區之肥力梯度發生於叢的方向，則試區大小爲100叢之最適形狀及方向應該採以5行×20叢，即增加叢數更可提高試驗準確度。倘若資源有限，在必須將試區面積減半爲50叢之情形下，均質田區可採用5行×10叢之正方試區，而異質田區則選擇10行×5叢之長形試區。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會經費補助（計畫編號：81農建—12.2—糧—08—14、82科技—12.2—糧—09—2及83科技—12.2—糧—06—2），謹此致謝。

引用文獻

1. 呂秀英、呂椿棠。1995。均度試驗土壤異質性指標之估計。中華農學會報。169：107—121。
2. 呂椿棠、呂秀英、曾東海。1995。利用稻作均度試驗資料估計最適試區大小及重複次數。中華農業研究 44：229—241。
3. 沈明來。1993。試驗設計學。1—3頁。九州圖書。臺北。
4. 張魯智。1976。試驗技術講義。2—5頁。國立臺灣大學。
5. Bose, R. D. 1935. Some soil-heterogeneity trials at Pusa and the size and shape of experimental plots. Indian J. Agric. Sci. 5：579—608.
6. Christidis, B. G. 1931. The importance of the shape of plots in field experimentation. J. Agric. Sci. 21：14—37.
7. Christidis, B. G. 1939. Variability of plots of various shapes as affected by plot orientation. Emp. J. Expl. Agric. 7：330—342.
8. Crews, J. W., G. L. Jones, and D. D. Mason. 1963. Field plot technique studies with flue-cured tobacco. I. Optimum plot size and shape. Agron. J. 55：197—199.
9. Dendrious, A. D. 1931. The question of the shape of plots in field experimentation. Intl. Assn. Plant Breeders Bull. 4：106—113.
10. Gomez, K. A. 1972. Techniques for Field Experiments with Rice. pp. 2—6. IRRI.
11. Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. pp. 478—504. 2 nd. John Wiley & Sons, New York.
12. Gupton, C. L. 1972. Estimates of optimum plot size and shape from uniformity data in barley tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Agron. J. 64：678—682.
13. Hayes, H. K. and F. R. Immer. 1942. Methods of Plant Breeding. MacGraw-Hill, New York. 432p.
14. Justesen, S. H. 1932. Influence of size and shape of plots on the precision of field experiments with potatoes. J. Agric. Sci. 22：366—372.
15. Kalamkar, R. J. 1932. Experimental error and the field-plot technique with potatoes. J. Agric. Sci. 22：375—385.
16. Kulkarni, R. K. and S. S. Bose. 1936. On the influence of shape and size of plots on the effective precision of field experiments with sorghum. Indian J. Agric. Sci. 6：460—474.

17. LeClerg, E. L., W. H. Leonard, and A. G. Clark. 1962. Field Plot Technique. 2nd. Burgess, Minneapolis, Minn.
18. MacDonald, D., W. L. Fielding, and D. F. Ruston. 1938. Experimental methods with cotton. I. The design of plots for variety trials. J. Agric. Sci. 29 : 35—47.
19. Pan, C. L. 1935. Uniformity trials with rice. J. Amer. Soc. Agron. 27 : 279—285.
20. Siao, Fu. 1935. Uniformity trials with cotton. J. Amer. Soc. Agron. 27 : 974—979.
21. Smith, H. F. 1938. An empirical law describing heteogeneity in the yields of agricultural crops. J. Agric. Sci. 28 : 1—23.
22. Vagholkar, B. P., V. N. Apte, and S. S. Iyer. 1940. A study of plot size and shape technique for field experiments on sugarcane. Indian J. Agric. Sci. 10 : 388—403.
23. Warren, J. A. and I. Mendez. 1981. Block size and orientation, and allowance for positional effects, in field experiments. Expl. Agric. 17 : 17—24.
24. Wolkowski, R. P, T. A. Reisdorf, and L. G. Bundy. 1988. Field plot technique comparison for estimating corn grain and dry matter yield. Agron. J. 80 : 278—280.

Influence of Shape and Orientation of Plots on the Precision of Field Experiments with Rice[1]

Chun-Tang Lu and Hsiu-Ying Lu[2]

Summary

The objective of this research was to investigate the influence of plot shape and plot orientation on the precision of field experiments with rice by using uniformity trials data in Taiwan Agricultural Research Institute. Uniformity trials were conducted with a row spacing of 28cm and within-row spacing of 16cm. The trials were subdivided by simulating a randomized complete block design (RCBD) with various combinations of plot shape and orientation. Coeffcients of variability and relative efficiencies of different plot shape and orientation were estimated. When the soil variability pattern of the experimental field is distributed random, plots should be square as possible. The optimum plot shape with a adequate plot size of 100 plants was 10 rows×10 plants or 5 rows× 20 plants. When the fertility gradient of the area is present, a rectangular plot with parallel orientation in the direction of the fertility gradient would give higher precision. Increasing plot length in the direction of fertility gradient was more effective in reducing variability. With constant plot size of 100 plants, the optimum plot shape was 20 rows ×5 plants when the fertility gradient parallels the rows of the field.

Key words: Rice, Plot shape, Plot orientation, Experimental precision, Uniformity trial, Relative efficiency.

1. Contribution No. 1809 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Research Assistant and Statistician, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.